

**České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství**

Czech Technical University in Prague  
Faculty of Biomedical Engineering

Ing. Marie Pospíšilová, CSc.

***Využití konfokální mikroskopie k charakterizaci preforem  
dopovaných prvky vzácných zemin a aktivní vrstvy optického  
vláknového senzoru měření pH***

*Application of Confocal Microscopy to the Characterization of Preform  
doped by RE<sup>3+</sup> and Active Layer of Optical Fiber Sensors for pH  
measurement”*

## Summary

In the lecture are summarized the Principle of Confocal Microscope, its main parameters and as well described CM ZIESS LSM5 DUO (CM), which was used in experimental measurements. It is presented the new method of measurement of thickness of active layer on the end of PCS fibre ( $\varnothing = 200 \mu\text{m}$ ) and tip ( $\varnothing = 6 \mu\text{m}$ ) of V-taper element as a active part of pH sensor. The method is based on the measurement of fluorescence intensity as a function of z axis, which coincident with longitudinal axis of PCS fiber and fiber taper. There are mentioned the base assumptions of this method and shown the results which were obtained on the real samples. This methods allows to determine the layer thickness  $> 1 \mu\text{m}$  with accuracy  $< \pm 250\text{nm}$ . The same type of CM was used for determination of qualitative distribution of  $\text{Er}^{3+}$  through preform core cross section in the real preform samples which were prepared by standard technology and using of nanoparticles of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . It is shown, that this method allows in the first step to compare qualitatively the distribution of  $\text{Er}^{3+}$  across perform core in the samples. Comparing the fluorescence distribution with refractive index profile confirmed experimentally good agreement between  $\text{Er}^{3+}$  distribution and refractive index profile, which is determined mainly by  $\text{Al}_2\text{O}_3$  concentration. This result experimentally confirmed that  $\text{Er}^{3+}$  is bonded with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and applying its nanoparticles improved a quality of core/cladding boundary.

## Souhrn

V přednášce je uveden základní princip konfokální mikroskopie, hlavní parametry a detailněji je popsán konfokální mikroskop ZEISS LSM5 Duo, na kterém byla měření provedena. Je uvedena nová metoda měření tloušťky aktivní vrstvy na čele PCS vlákna ( $\varnothing = 200 \mu\text{m}$ ) a špičce ( $\varnothing = 6 \mu\text{m}$ ) vláknového taperu jako aktivní části vláknového senzoru pH. Metoda je založena na měření rozložení intenzity fluorescence v ose z, která se shoduje s podélnou osou PCS vlákna a taperu. Jsou uvedeny základní předpoklady navržené metody a ukázány výsledky na reálných vzorcích. Tato metoda umožňuje určit tloušťku aktivní vrstvy  $> 1\mu\text{m}$  s přesností  $< \pm 250\text{nm}$ . Stejný typ KM byl použit pro kvalitativní vyhodnocení rozložení  $\text{Er}^{3+}$  v příčném průřezu jádra preformy na reálných vzorcích, které byly připraveny standardní technologií a technologií s použitím nanočástic  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Je ukázáno, že tato metoda umožnila v prvním kroku kvalitativně srovnat rozložení  $\text{Er}^{3+}$  ve vzorcích. Srovnáním průběhu fluorescence s průběhem profilu indexu lomu experimentálně potvrdilo dobrou shodu rozložení  $\text{Er}^{3+}$  s profilem indexu lomu, který je určen koncentrací  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Tento výsledek experimentálně potvrdil, že se  $\text{Er}^{3+}$  váže na  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a použití nanočástic výrazně zlepšilo kvalitu rozhraní jádro/obal.

Klíčová slova

konfokální mikroskop, ZEISS LSM5 Duo, vláknový taper, vláknový pH senzor, vlákna dopovaná  $\text{Er}^{3+}$ , nanočástice

Key words

confocal microscop, ZEISS LSM5 Duo, fiber taper, fiber pH sensor,  $\text{Er}^{3+}$  doped fiber, nanoparticles

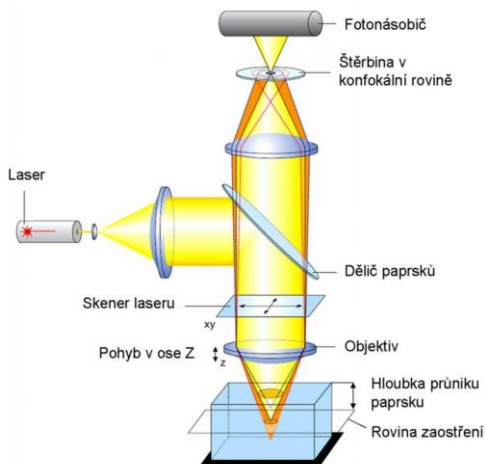
## Obsah

I. Úvod .....	6
II. Měření tloušťky vrstvy s použitím LSM5 .....	8
II. 1. Princip metody a popis experimentu .....	8
II. 2. Výsledky měření.....	9
III. Určení rozložení $\text{Er}^{3+}$ v jádře preformy s využitím LSM5 .....	10
III. 1. Princip metody a popis experimentu .....	11
III. 2. Výsledky měření .....	13
IV. Závěr .....	15
Literatura.....	16
Jméno autora .....	17

# I. Úvod

Princip konfokální mikroskopie a její základy definoval v roce 1955 Marvin Minski [1]. Ve svém návrhu vycházel z požadavku zlepšení rozlišení obrazu cestou složení obrazu bod po bodu, odstranění paprsků vycházejících mimo fokální roviny použitím štěrbinu a snahou po překonání omezení tradičního fluorescenčního mikroskopu. V něm je obraz zkoumaného vzorku ovlivněn světlem excitačního zdroje a detekovaný fluorescenční signál je jím ovlivněn. Spojení s fluorescenční mikroskopii umožňuje sledovat i pohyb biologických objektů [2]. V případě našich vzorků jsou sledovaná centra „pevně“ zabudovaná v materiálové matici a detekovaná fluorescence je úměrná rychlosti skenování.

Od uvedení patentu konfokálního fluorescenčního mikroskopu v roce 1957, byla provedena řada zdokonalení a současné konfokální fluorescenční mikroskopy jsou významným nástrojem pro zobrazování a sledování biologických dějů v sub-mikronové oblasti a ve sledování povrchu v materiálovém výzkumu. Moderní konfokální mikroskopie, která vychází z návrhu Minského, využívá dokonalejší excitační zdroje světla (lasery) a jeho spojení s počítačem se softwarovým vybavením umožňuje řídit proces zobrazování, sběr dat a zobrazit je v 2D a 3D prostoru. V práci byl využit konfokální mikroskop ZEISS LSM 5 Duo, jehož principiální schéma je na Obr. I. 1.



Obr. I. 1. Princip konfokálního skenovacího mikroskopu (materiál ZEISS LSM 5 DUO)

Konfokální mikroskop LSM5 Duo[2], jehož obrázek je uveden dále, je vybaven:

- Ar a Ar-Kr laserovými zdroji poskytujícími světlo o vlnové délce 405nm, 455nm, 477nm, 488nm, 500nm až 630nm.

- Skenovací jednotkou, která umožňuje pohybovat fokusovaným laserovým svazkem vzorkem bod po bodu. Rychlost skenování určuje dobu detekce fotonů detektorem.
- Řízeným posuvem v ose z s minimálním krokem 0,5 $\mu$ m
- Detektorem – fotonásobič („pixelwise“ detekce)
- Nastavitelnou šterbinou, která určuje optickou tloušťku snímání a velikost pixelu
- Děličem svazku, hranovými a pásovými filtry
- Softwarem pro ovládání mikroskopu, načítání a zpracování dat

Přednáška je zaměřena především na popis principu nových metod, které byly navrženy na základě parametrů a provedení, kterými byl vybaven komerční LSM5. Navržené metody rozšířily využití tohoto mikroskopu, který byl vybrán a určen pro biologická měření [2]. Výsledky měření byly hodnoceny kvantitativně i kvalitativně, na základě rozložení a velikosti detekované fluorescence jako funkce souřadnic ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Nezapývá se prostorovým rozlišením zobrazovaného předmětu, uvádí některé omezující faktory navržených metod a v závěru zmiňuje další možnosti zpracování výsledků měření, které mohou poskytnout další parametry a informace o měřeném objektu.

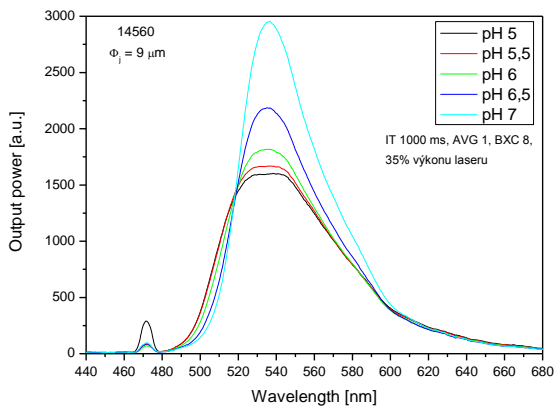
V přednášce budou uvedeny dvě nové metody využití konfokálního fluorescenčního mikroskopu LSM5:

1. Pro určení tloušťky aktivní vrstvy s pH převodníkem (BCECF) na čele PCS vlákna a špičce taperu, na základě rozložení detekované fluorescence v podélné ose  $z$ , shodné s jejich podélnou osou. V tomto případě byl k excitaci pH převodníku použit Ar -laser, vyzařující na vlnové délce 488nm.

2. Ke kvalitativnímu určení rozložení  $Er^{3+}$  v jádře vzorků preforem na základě měření rozložení fluorescence v jádře reformy jako funkce souřadnic ( $x$ ,  $y$ ), které byly připraveny standardní technologií a s využitím nanočástic  $Al_2O_3$ . V tomto případě byl k excitaci  $Er^{3+}$  využit Ar-laser s  $\lambda=488$ nm. Znalost alespoň kvalitativního rozložení  $Er^{3+}$  je důležitá pro technologii přípravy optických vláken, která jsou určena pro vláknové lasery.

## II. Měření tloušťky vrstvy s použitím LSM5

V současné době je velký zájem vědeckých pracovišť věnován vývoji nejrůznějších sensorových systémů využívajících optické vláknové prvky. Jedním z takových systémů je senzor na měření pH ve velmi malých objemech (buňce), na principu měření změny fluorescence převodníku, citlivého k pH okolního prostředí [3, 4]. Měření tloušťky aktivní vrstvy nanesené na špičce taperu pomůže kvantitativně odhadnout množství tohoto pH převodníku ve vrstvě, které ovlivňuje citlivost senzoru. Tloušťka aktivní vrstvy na špičce taperu definuje objem aktivní vrstvy, ze které je určen počet aktivních center na základ znalosti koncentrace pH převodníku v matici, do které je převodník imobilizován. Matrice aktivní vrstvy (TEOS) je připravena metodou sol-gel [5], do které je imobilizován vhodný pH převodník, v našem případě BCECF (No. 14560 Fluka). Závislost fluorescence na pH měřená připraveným V-taperem s aktivní vrstvou BCECF je na Obr. II. 2.



Obr. II. 2. Závislost fluorescence BCECF na pH

Na takto malém objektu (špička V-taperu řádově jednotky μm), je velmi obtížné tloušťku vrstvy ~ 1 μm určit známými metodami (elipsometrie). Absorpční spektrum pH převodníku, LSM5 se svým vybavením (zdroje záření), umožnily excitovat BCECF na špičce V-taperu a měřit rozložení fluorescence v podélné ose z.

### II. 1. Princip metody a popis experimentu

Metoda měření tloušťky aktivní vrstvy na špičce vláknového taperu je založena na snímání fluorescence v pH převodníku jako funkce podélné osy z, což umožňuje provedení konfokálního mikroskopu LSM5 [5].

Za předpokladu:

- a) závislosti fluorescence  $z^{-2}$  v ose z,
- b) zanedbání absorpce v aktivní vrstvě,



bude tloušťka aktivní vrstvy určena jako vzdálenost průsečíků křivek, které aproximují pokles fluorescence v ose z a přímky rovnoběžné s osou x pro hodnotu maximální fluorescence.

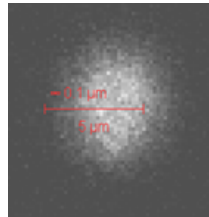
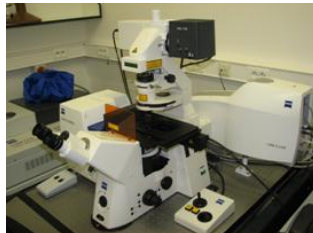
Jako vhodný excitační zdroj byl vybrán Ar laser s vlnovou délkou 477nm s šířkou čáry  $\Delta\lambda = 20\text{nm}$ . Fluorescence byla dekována v intervalu 518-600nm, který byl vybrán volbou vhodného pásmového filtru, který zajistil odfiltrování excitační vlnové délky dostatečně účinně.

Na Obr. II. 3. je fotografie pracoviště LSM5 Duo s detailem uchycení vláknového taperu a nasnímaná fluorescence v rovině pro dané z.

Omezení metody je dané minimálním krokem mikroskopu v ose z, který je  $0,5\mu\text{m}$ . Tloušťku aktivní vrstvy  $> 1\mu\text{m}$  je možné určit s přesností  $\pm 250\text{nm}$ .

## II. 2. Výsledky měření

Výše popsanou metodou byly proměřeny aktivní vrstvy na čele PCS vlákna ( $\text{Ø}_{\text{jádra}} = 200\mu\text{m}$ ; Sample 1) a špičce taperu ( $\text{Ø}_{\text{taperu}} = 6\mu\text{m}$ ; Sample 2). Na obrázku II. 2. jsou výsledky zpracování naměřené fluorescence (černá) v podélné ose PCS vlákna a) a na špičce taperu b). Exponenciální pokles (červená) aproximoval naměřenou fluorescenci na obě strany od maxima. Průsečíky těchto exponenciál s úsečkou rovnoběžnou s osou x v maximu fluorescence odpovídá tloušťce aktivní vrstvy na čele PCS vlákna a špičce taperu.

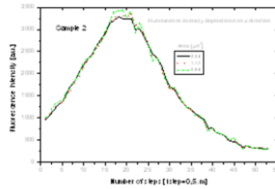
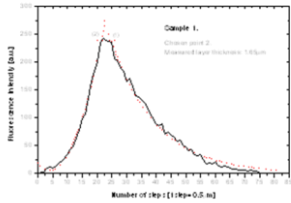
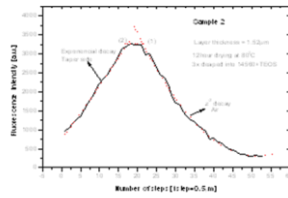
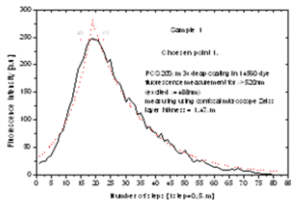


*Detail*

*Obr. II. 3. Foto konfokálního mikroskopu a nasnímaná fluorescence v jedné ohniskové rovině*

Na PCS vlákne ve dvou různých bodech byly určeny tloušťky vrstvy  $1,47\mu\text{m}$  a  $1,165\mu\text{m}$  s přesností  $\pm 250\text{nm}$ . Na špičce taperu byla naměřena tloušťka vrstvy  $1,52\mu\text{m} \pm 250\text{nm}$ .

Experimentální výsledky měření ukazují, že tloušťka naměřené vrstvy nezávisí na velikost vybrané plochy pro zpracování (viz. Obr. II. 4b) a lze ji určit fluktuaci tloušťky po průměru (viz. Obr. II. 4a). Naměřené tloušťky vrstvy rozměrově odpovídaly odhadované tloušťce vrstvy připravené stejnou technologií na sklíčku a měřené pomocí elipsoměru.



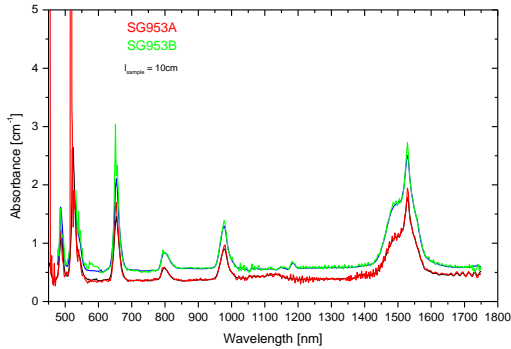
a)

b)

Obr. II. 4. Zpracované výsledky naměřeného rozložení fluorescence podél osy z na a) 200 $\mu\text{m}$  PCS vlákně pro dva různé body na povrchu a b) 6 $\mu\text{m}$  taperu

### III. Určení rozložení $\text{Er}^{3+}$ v jádře preformy s využitím LSM5

Optická vlákna dopovaná prvky vzácných zemin ( $\text{RE}^{3+}$ ) jsou vyvíjena pro vláknové lasery a zesilovače [6]. U nich je požadováno aby rozložení těchto prvků bylo homogenní po průřezu jádra optického vlákna, tedy i v jádře preformy. Navržená originální metoda pro experimentální určení rozložení  $\text{RE}^{3+}$  využívá provedení a vybavení LSM5, k jeho kvalitativnímu určení a zároveň slouží k porovnání kvality preforem, které byly připraveny různými technologickými postupy [7, 8]. Navržená metoda je založena na excitaci  $\text{RE}^{3+}$ , které je zabudované v jádře vzorku reformy, vhodnou vlnovou délkou, která je určena z absorpčního spektra daného vzorku a detekci fluorescence jako funkce souřadnic (x, y). Metoda byla odzkoušena na vzorcích preforem dopovaných  $\text{Er}^{3+}$ . K excitaci bylo použito záření Ar laseru o vlnové délce 488nm, jež se částečně kryje s absorpčním pásem (viz. Obr. III. 1.), s výstupním výkonem (až 30mW) postačujícím k excitaci  $\text{Er}^{3+}$ .



Obr. III. 1. AS vláken dopovaných Er<sup>3+</sup> připravených s použitím nanočástic (červená-1nm a černá-10nm) a standardně (zelená-1nm a modrá-10nm)

### III. 1. Princip metody a popis experimentu

Jak bylo uvedeno výše, je princip metody založen na excitaci Er<sup>3+</sup> laserovým svazkem argonového laseru ( $\lambda = 488\text{nm}$ ), který je součástí konfokálního mikroskopu LSM5. Detekci takto vzniklé fluorescence z velmi malého objemu vzorku preformy a proskenováním excitačního záření v souřadnicích ( $x, z$ ), získáme 2D matici dat fluorescence, kterou je možné dále zpracovat softwarovým vybavením LSM5. Pro měření rozložení fluorescence byla vybrána konfokalita IAU (Airy Unit), která je definovaná vztahem [2, 11]:

$$IAU = 1,22 \cdot \lambda / NA \quad \text{III. 1.}$$

kde je:  $NA$  numerická apertura objektivu (0,8) a  $\lambda$  excitační vlnová délka 488nm

pro kterou byl automaticky nastaven průměru „pinhole“, v našem případě 54 $\mu\text{m}$ , a velikost objemu  $V_{\text{Excit}} \sim 1 \div 2 \cdot 10^{-15} \text{ l}$ , ze kterého je fluorescence snímána. Citlivost detektoru systému a zvolená rychlost skenování 16 $\mu\text{s}/\text{pixel}$  spolu s výkonem excitačního laseru 20mW zajistili dobře detekovatelnou úroveň fluorescence. Naměřená data odpovídají hodnotě intenzity fluorescence  $I_F$  z definovaného místa v jádře reformy, pro kterou  $I_F$  platí přibližný vztah:

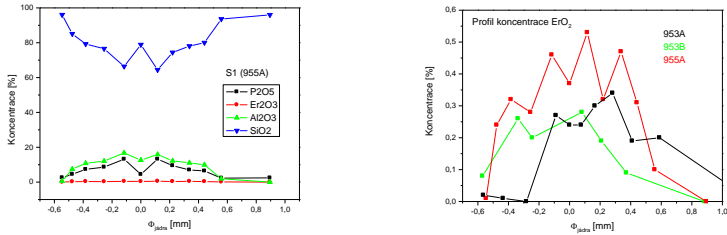
$$I_F \approx I_0 \cdot \alpha(\lambda) \cdot Q \cdot N \cdot L \quad \text{III. 2.}$$

Kde je:  $I_0$  je intenzita excitace;  $\alpha(\lambda)$  útlum;  $Q$  kvantová výtěžnost;  $N$  koncentrace Er<sup>3+</sup>;  $L$  délka vzorku.

Získaná data jsou podle III. 2. kvantitativně spjata s koncentrací  $\text{Er}^{3+}$  a platí přímá úměra mezi velikostí fluorescence a koncentrací.

Omezení této metody je ve vlnových délkách laserového záření, které jsou pro daný konfokální mikroskop k dispozici (405nm, 438nm, 477nm, 488nm, 515nm, 532nm a 561nm) a konkrétní  $\text{RE}^{3+}$  prvek (jeho energetický diagram nebo spektrální závislost útlumu) dává informaci o možných excitačních vlnových délkách. Metoda je v prvním kroku kvalitativní, ukazuje na oblasti s větší či menší koncentrací  $\text{Er}^{3+}$  (viz. III. 2.).

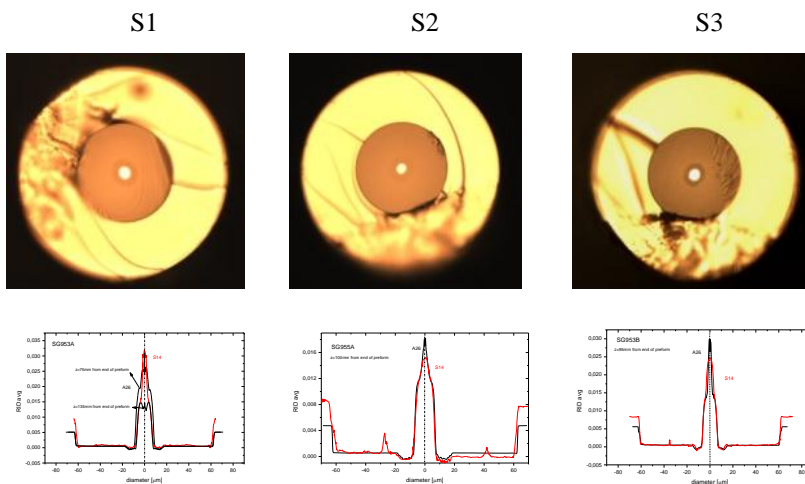
K ověření navržené nové metody kvalitativního určení rozložení  $\text{Er}^{3+}$  v jádře preformy byly připraveny 3 vzorky preforem ve formě válečku délky 1cm a  $\varnothing = 12\text{mm}$  s opticky vyleštěnými čely. Vzorky S1 a S2 jsou z reformy připravené metodou využívající nanočástice  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a u S1 přidáno  $\text{P}_2\text{O}_5$ , vzorek S3 byl připraven standardní technologií [9, 10]. Naměřené parametry na preformách a vláknech z nich vytažených, jsou uvedeny v Tabulce 1. Koncentrace  $N_{\text{Er}}$  pro vzorky preforem byla určena pomocí elektronové sondy viz. Obr. III. 2. Příčné řezy z nich vytažených vláken a odpovídající profily indexu lomu jsou na Obr. III. 3.



Obr. III. 2. Koncentrace dopantů a  $N_{\text{Er}}$  pro vzorky preforem určená elektronovou sondou

Vzorek vlákna	Geometrie $\Phi_j/\Phi_{\text{ob}}[\mu\text{m}]$	RIP/max	koncentrace $N_{\text{Er}^{3+}} [\text{cm}^{-3}]$	$\sigma_{\text{abs}} [\text{cm}^2]$ 980nm	$\alpha(\lambda)$ [dB/cm]
S1 (955A)	11,5/125,9	1,474	$2,52 \cdot 10^{19}$	$3,36 \cdot 10^{-20}$	0,14–0,27
S2 (953A)	12,6/122,1	1,4709	$1,78 \cdot 10^{19}$	$3,61 \cdot 10^{-20}$	0,12–0,27
S3 (953B)	11,4/124,5	1,4679	$1,45 \cdot 10^{19}$	$2,49 \cdot 10^{-20}$	0,6–1.31

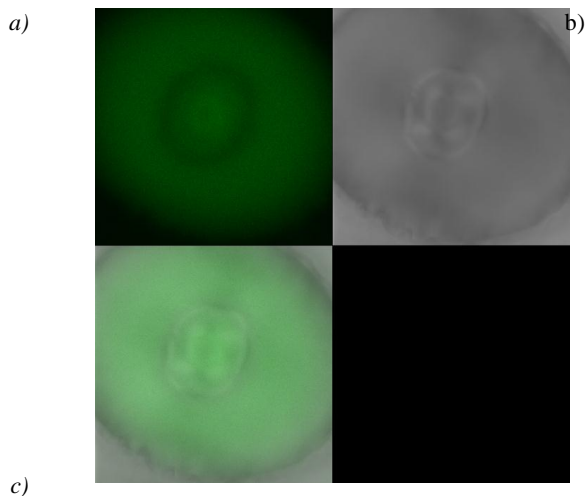
Tabulka 1. Parametry připravených vzorků určených na preformě (RIP;  $N$ ) a vláknech (geometrie;  $\sigma_{\text{abs}}$ ;  $\alpha(\lambda)$ )



Obr. III. 3 Příčné řezy a naměřené RIP na reformě (černá) a vlákně (červená)

### III. 2. Výsledky měření

Daný systém konfokálního mikroskopu umožňuje zobrazit průřez preformy v bílém světle, fluorescenci a složený obraz jak je ukázáno na Obr. III. 4. pro vzorek S2.

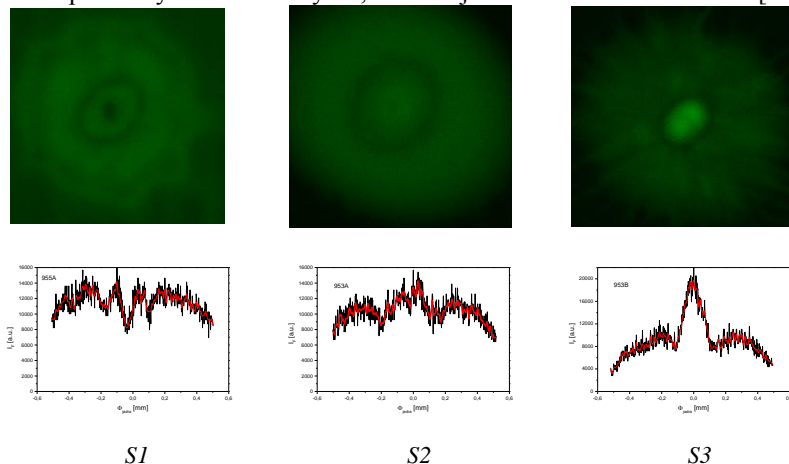


a) intenzita fluorescence, b) obraz v bílém světle, c) složení obrazů a) a c)

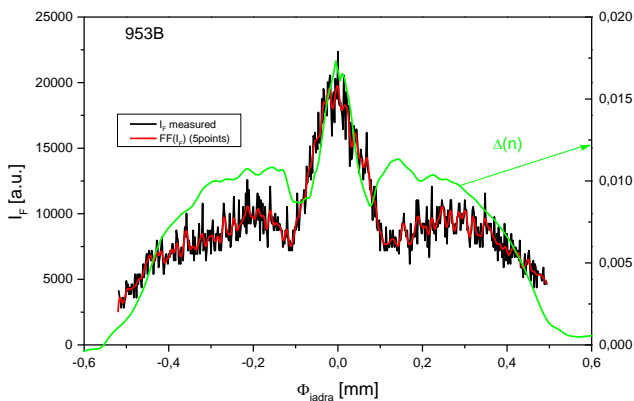
Ob. III. 4 – Snímky z LSM5

Programové vybavení LSM5 umožňuje získat data z detektoru, který snímá fluorescenci, jako matici 527x527 (zvolený počet pixelů). Po

zpracování v programu ORIGIN dostaneme graf závislosti intenzity fluorescence po průměru jádra preformy. Odpovídající délkovou souřadnici ( $x$ ) získáme ze znalosti velikosti a počtu pixelů. Výsledky takto získaných profilů pro analyzované vzorky S1, S2 a S3 jsou na obrázku Obr. III. 5. [12]



S1 S2 S3  
Obr. III. 5. Obraz fluorescence jádra a její průběh po průměru jádra u vzorků a) S1, b) S2 a c) S3



Obr. III. 6. Průběh intenzity fluorescence a profilu indexu lomu v jádře preformy (vzorek S3)

Porovnáme-li průběh fluorescence s profilem indexu lomu vzorku S3 (viz. Obr. III. 5.), můžeme konstatovat, že průběh fluorescence sleduje průběh indexu lomu a je tak experimentálně potvrzeno, že se  $RE^{3+}$ , v tomto případě  $Er^{3+}$  vážou na  $Al_2O_3$ .

## IV. Závěr

V přednášce jsou uvedeny dvě nové metody k určení tloušťky aktivní vrstvy na špičce V-taperu a kvalitativního rozložení  $\text{Er}^{3+}$  v jádře vzorku preforem připravených standardní technologií (použití roztoků chloridů  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  a  $\text{SiO}_2$ ) a technologií s použitím nanočástic  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Obě metody využívají konfokální mikroskop ZEISS LSM5 Duo, který svým vybavením a parametry umožnil excitovat aktivní centra ve zkoumaném objektu a detekovat fluorescenci jako funkci souřadnic (x, y, z).

V případě aktivní vrstvy na špičce V-taperu, která byla připravena sol-gel technologií přípravy TEOS s pH převodníkem BCECF a nanosena na špičku taperu bylo ukázáno, že:

- je možné měřit tloušťky vrstvy větší než  $1\ \mu\text{m}$ .
- naměřené hodnoty tloušťky vrstvy jsou v dobré shodě s tloušťkou vrstvy na sklíčku připravenou shodnou technologií a měřenou použitím elipsoměru.
- velikost tloušťky vrstvy není závislá na velikosti vybrané plošky pro zpracování dat, kterým je vybaven LSM5

Měření fluorescence  $\text{Er}^{3+}$  v jádře vzorků preforem umožnilo:

- kvalitativně porovnat dva technologické postupy přípravy preforem dopovaných erbiem
- experimentálně potvrdit, že jsou prvky vzácných zemin navázány na  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- použití nanočástic  $\text{Al}_2\text{O}_3$  výrazně přispělo k homogennímu rozložení  $\text{Er}^{3+}$  po průřezu preformy a zlepšení kvality rozhraní jádro/bal.

Na závěr lze konstatovat, že využití LSM5 přineslo pro technologii přípravy optických vláken pro vláknové senzory a lasery a zesilovače zcela nové poznatky, které lze v dalším zpracování dat využít např. ke stanovení koncentrace a kvantové výtěžnosti, popřípadě vzdálenosti oblastí s obsahem prvků vzácných zemin. To může sloužit jako námět diplomových nebo doktorských prací.

## Literatura

- [1] D. Semwogerere, E. R. Weeks: Confocal Microscopy, Encyclopedia of Biomaterial and Biomedical Engineering DOI: 10.1081/E-EBBE-120024153, Copyright 2005 by Taylor and Francis, p. 1-10
- [2] Manuál ke konfokálnímu mikroskopu ZEISS LSM5 Duo;
- [3] J. Mrazek, I. Kasik, J. Nekola, T. Martan, O. Podrazky, M. Pospisilova, V. Matejec: „Preparation and characterization of sensing layers for pH detection in living plant cells“, Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 8073, art. No. 807318, 2011
- [4] I. Kasik, J. Mrazek, T. Martan, M. Pospisilova, O. Podrazky, V. Matejec, K. Hoyerova, M. Kaminek: „Fiber-optic pH detection in small volumes of biosamples“, Anal. Bioanal. Chem., 398 (2010) 1883-1889
- [5] M. Pospisilova, J. Petrasek, V. Matejec, I. Kasik: „Charakterization of sensing layer onto tip tapered fiber“, Proc. SPIE **7356**, Optical Sensors 2009, Prague, 20-22 April 2009, 735624-1 – 735624-7 (poster)
- [6] V. Matejec, M. Hayer, J. Mrazek, I. Kasik, O. Podrazky, M. Pospisilova: „Performance of the sol-gel method for the preparation of optical fibers“, Revue Roumaine de Chimie **52** (10) (2007), 991-998
- [7] O. Podrazky, I. Kasik, M. Pospisilova, V. Matejec: „Use of alumina nanoparticles for preparation of erbium-doped fibers“, Proc. IEEE LEOS, 2007, 246-247
- [8] M. Pospisilova, P. Adamek, P. Peterka, V. Kubecek, I. Kasik, V. Matejec: „Influence of Si-Al-Ge-Sb matrices on Tm<sup>3+</sup> excitation levels“, Materials Science Forum IV **587-588** (2008), 293-297
- [9] O. Podrazky, I. Kasik, M. Pospisilova, V. Matejec: „Use of nanoparticles for preparation of rare-earth doped silica fibers“, Trends in Nanotechnology 2008, Oviedo, 1.9.2008 – 5.9.2008 (poster)
- [10] O. Podrazky, I. Kasik, M. Pospisilova, V. Matejec :“ Use of nanoparticles for preparation of rare-earth doped silica fibers“, Physica Status Solidi C **6** (10) (2009) 2228-223
- [11] [http://en.wikipedia.org/wiki/Airy\\_disk](http://en.wikipedia.org/wiki/Airy_disk), 2012
- [12] L. Krása, M. Pospíšilová, O. Podrazký: “Characterization of optical fibers for fiber lasers” Proceedings of Conference IMB Kladno 2011, p.33 – 37



## Jméno autora

Ing. Marie Pospíšilová, CSc.

CV:

**Narozena:** 1949 Pliskov, Czech Republic

**Vzdělání:** 1973 Ing.: Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, České vysoké učení technické (FJFI ČVUT) Praha, specializace Fyzikální elektronika

Vědecká hodnost:

- 1979: CSc. Fyzikálně matematických věd – ČVUT Praha

Zaměstnání:

- 1979-1992: Společná laboratoř pro chemii a technologii silikátů VŠCHT a ČSAV, Praha – vedoucí oddělení Fyzikální měření optických vláken (1981-1992)
- 1992 – 1995 Pragensis – Noricus s.r.o., jednatel
- 1995 – 2002: Ústav fotoniky a elektroniky, AV ČR, v.v.i. Praha – vědecký pracovník oddělení Technologie optických vláken
- 1997-2005: Omnipol a.s. Prague, obchodní referent
- 2005- 2011: Ústav fotoniky a elektroniky, AV ČR, v.v.i. Praha – vědecký asistent Technologie optických vláken
- 2006- : ČVUT , Fakulta biomedicínského inženýrství, Kladno

**Výzkumné aktivity:** Charakterizace optických vláken, vývoj metod měření speciálních optických vláken a optických vláknových senzorů, využití vláken pro medicínské aplikace

Členka řešitelského týmu ve vědeckých projektech:

- 1991 – 1992 „Studium magnetooptického a elastooptického jevu optických vláken dopovaných prvky vzácných zemin“; řešitel: Ing. M. Pospíšilová, CSc.
- 1994 – 1996 „ORMOCERY“; mezinárodní projekt s ústavem MP Würzburg; řešitel: D. Rose, spoluředitel: Ing. Marie Pospíšilová, CSc.
- 2003 – 2004 „Likvidace nebezpečných odpadů“; řešitel: Ing. Marie Pospíšilová, CSc.
- 2005 – 2007 „Detekce chloru ve vodě“; spoluředitel: Ing. Ivan Kašík, Ph.D.
- 2007 – 2009 „Kvazijednomódová optická vlákna pro telekomunikace a distribuované vláknové optické senzory“; spoluředitel: Ing. Ivan Kašík, Ph.D.

- 2006 – 2010 „Regulace morfogeneze rostlin“; výzkumné uskupení CENTRUM, nositel projektu: Doc. RNDr. Eva Zažimalová, CSc., spoluřešitel: Ing. Ivan Kašík, Ph.D.
- 2010 – 2011 „Příprava a vlastnosti křemenných optických skel obsahujících nanočástice dopované prvky vzácných zemin a chromem“, řešitel: Ing. Ivan Kašík, Ph.D.
- 2011 – 2014 EU-7.2.3-„Human potential in research and development“, odpovědný řešitel Prof. ing. M. Vrbová, CSc. (odpovědný řešitel KA8 – Ing. M. Pospíšilová, CSc.)

#### Přednášky a semináře:

- Vlákenná optika pro biologii a medicínu 2006 – dosud
- Optika pro biomedicínu (vybrané přednášky) 2006 – 2008
- Úvod do laserové techniky (vybrané přednášky) 2007 – dosud
- Seminář k projektu I. a II. 2009-dosud
- Seminář k diplomové práci I. a II. 2009-dosud

#### Vedení studentů:

- 4 úspěšně obhájené DP 2009-2012
- 2 studenty na (vedoucí a konzultant DP 2012-2013)
- 3 studenty na Bc práci (vedoucí) 2012-2013

**Jiné aktivity:** 2009 – dosud GA VČR člen komise „Technické vědy a Kybernetika“

#### Selected publications:

- [1] V. Matejec, M. Chomat, M. Pospisilova, M. Hayer, I. Kasik: “Optical fiber with novel geometry for evanescent-wave sensing”, *Sensors and Actuators: B* **29** (1995) 416-422
- [2] V. Matejec, I. Kasik, M. Pospisilova: “Preparation and optical properties of silica optical fibers with an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-doped core”, *J. Non-Cryst Solids* **192&193** (1995) 195-198
- [3] K. Rose, V. Matejec, M. Hayer, M. Pospisilova: “Organopolysiloxanes as Chemically Sensitive Coatings for Optical Fibers“, *J. Sol-Gel Sci Technol* **13**, (1999) 729-733
- [4] M. Pospisilova, P. Adamek, P. Peterka, V. Kubecek, I. Kasik, V. Matejec: „Influence of Si-Al-Ge-Sb Matricies on Tm<sup>3+</sup> Excitation Levels“, *Materials Science Forum IV* **587-588** (2008), 293-297
- [5] I. Kasik, J. Mrazek, O. Podrazky, M. Seidl, J. Aubrecht, M. Pospisilova, P. Tobiska, V. Matejec, B. Kovacs, A. Markovics, M.

- Szili: "Fiber- optic Detection of chlorine in water", ", Sensors and Actuators: B **139** (1) (2009), 139-142
- [6] M. Pospisilova, J. Petrasek, V. Matejec, I. Kasik : „Characterization of sensing layer onto the tip tapered fiber“, Proc. SPIE **7356**, Optical Sensors 2009, Prague, 20-22 April 2009, 735624-1 – 735624-7 (poster)
- [7] O. Podrazky, I. Kasik , M. Pospisilova, V. Matejec :“ Use of Nanoparticles for Preparation of Rare-Earth Doped Silica Fibers“, Physica Status Solidi C **6** (10) (2009) 2228-2230
- [8] I. Kasik, J. Mrazek, T. Martan, **M. Pospisilova**, O. Podrazky, V. Matejec, K. Hoyerova, M. Kaminek: „Fiber-optic pH detection in small volumes of biosamples“, Anal. Bioanal. Chem., **398** (2010) 1883-1889

Od roku 2007 Autorem a spoluautorem:

4 článků v IF časopisech

3 článků v mezinárodních recenzovaných časopisech

18 příspěvků na mezinárodních konferencích

7 příspěvků na českých konferencích

1 skriptu

h index: 5